

論文内容の要旨

氏 名 加藤 亮

NEXCO 三社の高速道路では、橋梁のレベリング層に砕石マスチックアスファルト混合物 (SMA) を採用している。しかし、SMA は施工性に課題があり、材料分離や締固め不足等による不十分な仕上がりとなるケースが散見されている。また、従来の床版防水から要求性能を大幅に高めた高性能床版防水を導入した 2010 年からは、橋面舗装の早期損傷が頻発している状況にある。

本研究ではこれらの課題を解決することを目的に、現地調査を行って橋梁レベリング層の破損状況と破損要因を把握するとともに、アスファルト混合物の配合を見直して耐久性を向上させることについて検討した。

その結果、高性能床版防水上の橋面舗装の早期損傷については、その要因が高性能床版防水と SMA の層間に形成される微細な空洞群によるものであることを解明し、本研究ではこれを Cavity と称することとした。Cavity の形成を抑制するには、連続粒度で、かつ骨材と石粉のうち 2.36 mm ふるいに残留する骨材割合の少ない配合が有効であることを見出した。これは、微小粒径の骨材および石粉とアスファルトが一体となったアスファルトマスチックが、粗骨材の骨格間隙を充填して密実な構造となるためである。この配合によって、ギャップ粒度である SMA よりも少ない転圧エネルギーで締固めが可能で、高い耐久性が得られる。さらに、この配合のアスファルト混合物は感温性が低く、敷均し温度や転圧温度が適温よりも低い場合であっても十分に締め固まり、施工後の層下面が平滑に仕上がって、Cavity の形成が抑制されることを確認した。

本論文は、以上の検討内容を第 1 章から第 6 章に分けて論述している。各章の概要を以下に示す。

第 1 章では、老朽化が進む NEXCO 三社の高速道路の現状と橋梁レベリング層についての課題を明確にし、本研究の目的を述べた。

第 2 章では、本研究に関連の深い SMA、床版防水、橋面舗装の損傷事例、およびアスファルト混合物の温度依存性に関する既往の研究を整理し、明示した。

第 3 章では、表層への高機能舗装の全面導入、コンクリート床版の損傷の顕在化、そして床版防水についての認識の高まりといった、橋面舗装に対する NEXCO 三社の変遷を紹介するとともに、高速道路上の橋面舗装の構成、構造について解説した。

第 4 章では、SMA の粒度および混入する補強用繊維の影響に着目し、橋梁レベリング層に求める性能を保持しつつ、現行の SMA に比べて施工性が改善される配合の検討について述べた。SMA は高アスファルト量の配合を意図して繊維を添加することがあるが、繊維はアスファルトマスチックの動きを緩慢にして締固めが困難となり、仕上がり面のテクスチャが粗くなって、結果的に水密性の低下等を引き起こすことが確認された。また、ギャップ粒度を連続粒度に近づけ、かつ粒度曲線を細粒度側にシフトさせることにより、締固めが容易になることが確認された。しかしながら、この新たな配合の SMA (改良型 SMA) は水密性の高い仕上がりとなることから、ブリスタリングの発生が懸念された。そこで、

改良型 SMA を採用した NEXCO 三社の 17 工事について、ブリストリング発生の有無を調査した。その結果、ブリストリングが発生した事例は全国で最初に改良型 SMA を試行的に採用した 1 件のみで、これ以降の工事では確認されなかった。この実態調査に加えて室内試験によって改良型 SMA と各種床版防水の引張接着試験を実施し、飽和水蒸気圧との関係からブリストリング発生の可能性を検証した。その結果、改良型 SMA と床版防水の接着状態に不良がない場合には、舗装表面が 60℃となるような温度条件であってもブリストリングは発生しないことが確認された。

第 5 章では、高性能床版防水上の橋面舗装の早期損傷原因を解明するとともに、高性能床版防水に適合した配合に関する検討について述べた。現場調査および検証試験の結果、橋梁レベリング層に SMA を舗設する際、舗設基面である高性能床版防水の表面が低温で、さらに SMA の温度が低温であるほど、高性能床版防水と SMA の層間に Cavity が形成されやすいことを確認した。橋面舗装には、壁高欄の地覆部分や伸縮装置と橋面舗装の境界面、あるいは施工上やむを得ず形成してしまう舗装のコールドジョイントなどといった鉛直方向の分離面が存在する。水はこのような箇所から橋面舗装内に浸入し、高性能床版防水と SMA の層間に存在する Cavity に到達すると、水平方向に伸展して行く。これにより高性能床版防水と SMA の層間は湿潤状態となり、交通荷重が加わることで SMA の下層のはく離が進行し、損傷として顕在化するものと考え、実物大の舗装模型を用いた耐久性試験によってこのことを証明した。以上のことから、アスファルト混合物の粒度特性と感温性に着目し、Cavity の形成が抑制され、かつ低温条件でも混合物の各種性状が低下しない配合の検討を行った。この結果、骨材の合成粒度を最密充填に近いものとする、骨材自体で密実な構造が構築されるとともに、混合物の表面も裏面も滑らかなテクスチャの仕上がりとなることが確認された。また、この配合の混合物を高性能床版防水に舗設したところ、Cavity の形成が抑制されることが認められた。この配合は、熱可塑性の混合体であるアスファルトマスチックの影響が小さいため、低温条件であっても各種性状が低下せず、かつ Cavity の形成が抑制される特性も保持されることが確認された。

第 6 章では、本研究で得られた成果を取りまとめるとともに、今後の課題について整理して言及した。